التلوث الإشعاعي Radioactive Pollution

من أخطر ملوثات الجو في العصر الحديث هو التلوث بالمواد المشعة المختلفة التي تستعمل في القنابل النووية والهايدروجينية، وفي الأفران الذرية الحرارية، وهي تؤدي إلى السرطان وتؤثر على الصفات الوراثية للأجيال القادمة. يحدث التلوث الإشعاعي عند تسرب المواد المشعة (الصلبة أو السائلة أو الغازية) من الأوعية التي تحتويها خلال ثقوب أو تشققات بها أو نتيجةَ لإنفجارها، حيث تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان، وعند تلوث الهواء يؤدي ذلك إلى إنتشار عام للتلوث في مناطق شاسعة إذا لعبت الرياح دورها في تحريك السحابة المشعة (كما حدث في حادثة مفاعل تشرنوبل)، وقد ينتهي التلوث الهوائي بتساقط الغبار المشع على مناطق مختلفة مما يؤدي إلى تلوث الأرض والماء. ويقاس التلوث الإشعاعي بوحدات راد أو غراي أو سيفرت أو بيكرل.

مصادر الإشعاع Radial Sources

١. مصادر طبيعية: جميعنا معرضون للإشعاع الطبيعي كالأشعة الكونية التي تصل إلى سطح الكرة الأرضية والتي مصدرها أشعة الشمس في الفضاء الخارجي وتكون مكوناتها الرئيسية بروتونات 87 % وجسيمات ألفا 11 % ونوى ثقيلة وإلكترونات 2 %، أما مكوناتها الثانوية فهي البايونات والميونات والإلكترونات والفوتونات والبروتونات والنيوترونات، ومن مصادر الإشعاع الطبيعية الأخرى هي الصخور التي يحتوي بعضها على كميات ولو قليلة من المواد المشعة كالبوتاسيوم المشع، ونظراً لأن هذه الأشعة لم تكن ذات تركيز عالي فقد تأقلمت الكائنات الحية معها.
٢. مصادر صناعية: من المصادر الصناعية المهمة هي المواد المشعة الناتجة من إستعمالات الأشعة في عمليات التشخيص الطبي ومن توليد الطاقة الكهرونووية والمواد المشعة الناتجة من تصنيع الوقود النووي والمواد الناتجة من تعدين وطحن اليورانيوم والمواد الناتجة من خزن وردم النفايات المشعة ومن منشآت البحوث النووية أو معامل التصنيع النووي العسكرية ومن البحوث الزراعية والفيزياوية والكيمياوية والبحوث الصناعية .... إلخ.
٣. النظائر والخامات الطبيعية المشعة.
٤. غاز الرادون.

فترة عمر النصف Half-life time

هي من الخواص المميزة للعنصر المشع، وتمثل الفترة الزمنية اللازمة لكي تتحول نصف كمية ما من أنوية عنصر مشع بالإشعاع إلى أنوية عنصر آخر، وهي ثابتة للعنصر الواحد.

من العناصر المشعة في الهواء هي الكاربون- 14 وله عمر نصف 5730 سنة، والهايدروجين- 3 وله عمر نصف 12.3 سنة، والصوديوم-22 وله عمر نصف 12.6 سنة، والبريليوم-7 وله عمر نصف 35.3 سنة. كما توجد عناصر مشعة في مياه البحار والمحيطات أهمها البوتاسيوم-40 واليورانيوم-238 ، وفي مياه الينابيع اليورانيوم-238 والثوريوم- 232 والراديوم -226، أما في التربة فتوجد عناصر البوتاسيوم-40 واليورانيوم-238 والثوريوم- 232.

أنواع الإشعاعات Radial Types

تنتج المواد النشطة إشعاعياً أشكالاً مختلفة من الإشعاعات، وأن نوى الذرات غير المستقرة تنحل ذاتياً، وأن هذا الإنحلال ينتج عنه إشعاع. ولا يتوقف الإنبعاث الإشعاعي إلا أن يتم إنحلال جميع نوى الذرات. إن الإنحلال النووي يولد إشعاعاً يتكون من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة كاما وأشعة إكس والنيوترونات.

أشعة ألفا α	أشعة بيتا β	أشعة كاما γ
موجبة الشحنة	سالبة الشحنة	ليس لها شحنة
كتلة ألفا=كتلة نواة الهيليوم=كتلة ٢بروتون + ٢ نيوترون	كتلة بيتا= كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة
تحمل طاقة قليلة	طاقتها متوسطة	طاقتها عالية
أقل قدرة على النفاذ والإختراق بسبب كبر كتلتها	قدرة متوسطة على النفاذية والإختراق	لها أكبر قدرة على النفاذ في الأوساط المادية بسبب طاقتها العالية
أقل تأثير في إحداث الضرر بالكائنات الحية	تأثير متوسط في إحداث الضرر	أكبر تأثير في ضرر الكائنات الحية
عبارة عن جسيمات	عبارة عن جسيمات	هي موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) وطولها الموجي قصير جداً
تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لأنها موجبة الشحنة	تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لأنها سالبة الشحنة	لا تتأثر بالمجالات الكهربائية ولا المغناطيسية لأنها لا تمتلك شحنة

أما أشعة إكس أو الأشعة السينية X-Ray فإن خواصها شبيهة بخواص أشعة كاما ولكنها تختلف في المصدر حيث تنبعث أشعة إكس من عمليات خارج النواة، بينما تنبعث أشعة كاما من داخل النواة. قوة النفاذ والإختراق لأشعة إكس أقل من أشعة كاما وتعتبر من أكثر مصادر تعرض الإنسان للإشعاع حيث يتم استخدامها في العديد من العمليات الصناعية والطبية، ويمكن إيقاف قدرتها على الإختراق بوساطة شريحة من الرصاص سمكها مليمترات قليلة. وبضمن الأشعة السينية تستخدم المواد المشعة مثل اليود 131 والفسفور 32 في التشخيص وعلاج الأمراض، ويتعرض العاملون في هذا المجال إلى خطر التلوث، كما تستخدم هذه الإشعاعات في المجال الصناعي مثل التصوير والتعقيم وغيرها. فيما يخص النيوترونات فإنها أحد مكونات الذرة ولا تحمل شحنة كهربائية كما أن قدرتها على الإختراق عالية وتنطلق من التفاعلات والتفجيرات النووية.

تأثير الإشعاع على الكائنات الحية Effects of radial on living organisms

تؤثر الإشعاعات في مختلف الكائنات الحية، ويعتمد تأثيرها على نوع الكائن الحي ودرجة الإشعاع والفترة الزمنية للتعرض، وعموماً يكون التأثير أكبر في المراحل المبكرة للعمر نظراً لنشاط الخلايا الكبير، وتؤدي إلى تغيير في ترتيب الأحماض الأمينية في المادة الوراثية والأنزيمات وينتج عنها أضرار وراثية تنتقل إلى الأجيال اللاحقة، أو أضرار جسدية تؤثر مباشرةً في الكائن الحي. ويكون تأثير الإشعاع على النظم البيئية الطبيعية بشكل عام عن طريق تغيير مكوناته الحية، فقد وجد أن تعرض نظام بيئي طبيعي إلى الإشعاع بتراكيز 2-3 راد يؤدي إلى تقليل عدد أنواع الحيوانات، أما التعرض إلى إشعاعات بتراكيز 20 – 30 راد فقد قللت من مناعة الأشجار ضد الحشرات.

كيفية التأثير على الكائنات الحية

إن عملية تأثير سقوط الإشعاعات على جسم وخلايا الكائن الحي تكون من خلال تأين بعض مكونات الخلايا وخاصةً الماء، مما يؤدي إلى حدوث تغيرات معينة تؤدي إلى إحداث تغيير في تركيب الخلية ووظائفها وبالتالي إتلافها من خلال عدة مراحل وكما يأتي:

- المرحلة الفيزيائية: وتحدث بانتقال الطاقة من الإشعاع إلى جزيء الماء ويحدث التأين.
- المرحلة الفيزيوكيميائية: حيث تتفاعل الأيونات الموجبة والإلكترونات السالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة مثل تحلل أيون الماء الموجب إلى هيدروجين

وهيدروكسيد، ثم المرور بسلسلة من التفاعلات لتشكل في النهاية مركب فوق أوكسيد الهيدروجين H_2O_2 أو كما يعرف (ماء الأوكسجين).

- المرحلة الكيميائية: يتميز كل من الهيدروجين والهيدروكسيد بنشاطهما الكيميائي الشديد، كما يعتبر فوق أوكسيد الهيدروجين عاملاً مؤكسداً قوياً، وتتفاعل هذه المركبات الكيميائية المتكونة مع المركبات العضوية الأخرى في الخلية مثل الكروموسومات وتؤدي إلى تخريب تركيبها.
- المرحلة البايولوجية: وفيها تظهر آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية، ومنها موت الخلية أو منع أو إيقاف إنقسامها أو زيادة معدل نموها وإنقسامها أو حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثياً عند إنقسام الخلية.

كما أن أعضاء الجسم ليست متساوية الحساسية بالنسبة إلى الإشعاعات، وأكثر الأعضاء حساسيةً هي الأعضاء المكونة للدم والجهاز الهضمي والجلد والغدد التناسلية والغدد اللمفاوية.

التأثيرات البايولوجية على البشر Bio-Radial Effects on Human

هنالك نوعين من التأثيرات هما:

١. التأثيرات قصيرة الأمد أو التأثيرات الحادة Acute effects

يظهر هذا التأثير سريعاً بعد التعرض إلى الإشعاع وخلال ساعة أو ساعتين ولربما بعد عدة دقائق من التعرض إلى الإشعاع العالي جداً، ولكن الموت بسبب التعرض قد لايحدث إلا بعد مرور شهرين حيث أُستدل على ذلك من ضحايا القنابل الذرية في اليابان. ومن أهم أعراض هذا النوع من التأثيرات هو حدوث مرض الإشعاع الذي تكون أعراضه الإبتدائية فقدان الشهية للطعام والغثيان والصداع.

إن الموت الناتج من التعرض إلى جرع من 1 – 5 غراي يكون سببه الأساسي هو تلف الأنسجة المولدة للدم، وفي الجرع الأعلى يرجع سبب الوفاة إلى حدوث خلل في الجهاز الهضمي، وعند إرتفاع الجرع أكثر فإن الموت يكون بسبب تلف الجهاز العصبي المركزي.

إن التأثير القاتل الرئيسي للإشعاع يحدث بوساطة الفعل المتلف للخلايا، عندما تكون الجرع الإشعاعية عالية فإن الطاقة الداخلة إلى الخلايا تكون كافية لتحطيمها كلياً، ولكن الجرع الأقل قد تؤدي إلى إيقاف الإنقسام الخيطي. وهناك تأثيرات حادة على الجلد مثل تساقط الشعر وتأثيرات أخرى في الجهاز التناسلي تؤدي إلى العقم، كما أن الإشعاع قد يسبب تلفاً لا يمكن إصلاحه في

الخلايا المولدة للبيوض. كما أنه يسبب تشوهات عند الأطفال مثل أن يكون الرأس أصغر من المعتاد، وتأخر النمو قبل الولادة وبعدها، وصحة متردية.

٢. **التأثيرات المزمنة Chronic effects**

لايؤدي التعرض إلى الجرع الإشعاعية الواطئة إلى ظهور أعراض مبكرة، ولهذا فقد كان يُظَن أن هذه الجرع لاتسبب ضرراً، إلا أن هذا الظن في غير محله فالجرع الإشعاعية الواطئة تؤدي إلى عدد من التأثيرات منها: الحث على تكوين السرطان، والحث على حدوث عتمة عدسة العين التي تكون لها حساسية كبيرة للإشعاع، فضلاً عن تقصير الحياة والتأثيرات الوراثية الأخرى.

المعالجة والتخلص من المخلفات الإشعاعية Radial waste disposal

أهم أهداف معالجة المخلفات الإشعاعية هي التخلص من أو تدمير النظائر المشعة لمنع ضررها ووقاية البيئة والإنسان، ويتم ذلك عبر عزل أو ترقيق (تخفيف التركيز) أو تدمير المخلفات الناتجة، وحتى الآن فإن أكثر هذه الطرق قابلية للتحقيق كان وما يزال الدفن العميق للمخلفات الإشعاعية (ضمن عبوات خاصة)، حيث أن الهدف الأساسي من هذه العملية هو عزل المخلفات الإشعاعية ومنع تسربها للنظام البيئي حتى يزول النشاط الإشعاعي الناتج عنها بأن تتأين كل العناصر المشعة الموجودة داخله.

التلوث الضوضائي (Noise Pollution)

ويعرف على أنه أصوات غير منسقة ذات إستمرارية غير مرغوب فيها وبمستويات صوتية عالية تحصل عادةً في المناطق الصناعية والأماكن المزدحمة، وتختلف الضوضاء (الضجيج) عن باقي أنواع التلوث في أنها لاتترك تأثيرات مضرة على البيئة وينتهي التلوث بتوقف مصدر الضجيج.

ينتقل الصوت في الهواء على شكل موجات متتالية ويعبر عنه عادةً بالتردد (ذبذبة/ثانية)، وتتميز كل موجة صوتية بتردد خاص، وتتمكن الأذن البشرية السليمة من سماع الأصوات التي يتراوح ترددها ما بين 16 و20000 ذبذبة/ثانية. وتعرف الموجات الصوتية التي ترددها أقل من 16 ذبذبة/ثانية بالموجات تحت الصوتية Infrasonic، بينما الموجات التي ترددها يزيد عن 20000 ذبذبة/ثانية بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic، أما شدة الضوضاء (الصوت) فتقاس بوحدة الديسيبيل Decibel (dB).

أنواع التلوث الضوضائي:

وتقسم حسب المصدر وقوة التأثير إلى:

١. تلوث مزمن: هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعفاً مستديماً في السمع.
٢. تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية: يحدث عند التعرض لفترات محددة لمصدر أو مصادر الضوضاء، ومثال ذلك التعرض للمفرقعات، إذ قد يؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلفاً داخلياً.
٣. تلوث مؤقت دون ضرر: وهو التعرض لفترة محددة لمصدر ضوضاء، ومثال ذلك ضجيج الشارع والأماكن المزدحمة أو الورش، ويؤدي إلى ضعف مؤقت في السمع يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

مثال على درجات الضوضاء مقاسة بوحدات الديسيبيل:

نوع الضوضاء	درجة الضوضاء (dB)	المصدر
مسموعة	10 – 0	ضربات القلب
هادئة جداً	30 – 10	حفيف الأشجار
هادئة	50 – 30	الآلة الكاتبة
متوسط الإرتفاع	70 – 50	مكيف الهواء
مرتفعة جداً	100 – 70	ضجيج الشارع
مزعجة	130 – 100	طائرة نفاثة
شديدة الخطورة	200 فما فوق	الصواريخ

مصادر وأسباب الضوضاء الرئيسية:

أولاً: ضوضاء وسائل المواصلات والطرق، وتقسم إلى:

١. ضوضاء المركبات (محرك المركبة، آلات التنبيه، صوت مروحة التبريد، الفرامل، إحتكاك الإطارات بالطرق).
٢. ضوضاء سكك الحديد.
٣. ضوضاء الطائرات.

ثانياً: ضوضاء الإنشاءات والمباني: وتعد من مصادر الضوضاء المزعجة وخاصةً أعمال الحفر، خلاطات الإسمنت، رصف الطرق، إعمال اللحام وغيرها. وتعتبر ضوضاء غير دائمة تنتهي بإنتهاء أعمال البناء.

ثالثاً: ضوضاء مكبرات الصوت: وهي ناتجة من الأنشطة البشرية، تصدر عن إستعمال مكبرات الصوت في الإحتفالات والأفراح في الأماكن المفتوحة، وإستعمال السماعات ذات القدرة الصوتية العالية في الصالات الداخلية، هذا بالإضافة إلى إستعمال المكبرات في المآتم ولدى الباعة المتجولين.

رابعاً: ضوضاء الأنشطة التجارية: مثل تواجد المحلات أسفل العقارات بجميع أنواعها وأنشطتها وهي من أسباب الضوضاء التي يصعب التحكم بها، ولذا يجب نقل الأسواق والأنشطة التجارية إلى خارج المناطق السكنية.

خامساً: ضوضاء المنشآت الصناعية: إن ضوضاء المصانع تؤثر على البيئة الخارجية، حيث أن المناطق السكنية قد زحفت على المناطق الصناعية مما أدى إلى تأثر المواطنين بالضوضاء الناتجة عن المصانع.

سادساً: ضوضاء أنظمة التكييف والتبريد والمولدات الكهربائية.

آثار مستويات الضجيج:

مستوى الضجيج (dB)	الآثار والإنعكاسات
50 – 40	توتر وقلق لدى الأطفال
80 – 60	تأثيرات سيئة على الجملة العصبية والإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل ورؤية الكوابيس المزعجة
110 – 90	إنخفاض في شدة السمع وإضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي
أكثر من 120	ألم في الجهاز السمعي وتضرر الجهاز القلبي الوعائي

الآثار الناجمة عن الضوضاء:

وتتمثل بتلف الأذن وفقدان السمع، إذ من المعروف أن الأذن تقوم بإختزال الموجات الصوتية إلى إشارات كهربائية أو عصبية تحولها إلى المخ. وتتعرض الأذن للتلف عادةً نتيجةً لتكرار سماعها لأصوات مزعجة وعالية، حيث تؤثر على الأجهزة العصبية التي تتضرر عند ترددات معينة. وينتج عن ذلك ضعف تدريجي في حاسة السمع قد يؤدي في النهاية إلى فقدها تماماً. ويلاحظ بأنه مع كبر السن لدى الأشخاص العاديين الذين يتعرضون لضوضاء عالية يحدث وهن تدريجي في حاسة السمع وقد يبلغ درجة عالية في سن الشيخوخة.

العوامل التي تؤثر على حاسة السمع نتيجة الضوضاء:

١- مستوى الضوضاء (dB) وتردده.
٢- نوع الضوضاء.
٣- فترة التعرض اليومي.

٤- طول فترة العمل.
٥- إستمرارية العمل في السنة.
٦- مدى تغير أثر الضوضاء من شخص دون آخر.
٧- سعة المكان ومدى تركيز الضوضاء فيه.
٨- طبيعة المكان (منزل، مصنع، أرض جرداء).
٩- توقيت حدوث الضوضاء (ليلاً أو نهاراً)، فعلى سبيل المثال قد يكون رنين الهاتف أثناء النوم غاية في الإزعاج، في حين يكون مقبولاً بشكل ما خلال النهار.

الآثار النفسية للضوضاء:

وتشمل التوتر العصبي، والشعور بالضيق، والإصابة بالصداع وآلام الرأس، وفقدان الشهية، وفقدان التركيز خصوصاً في الأعمال الذهنية، وعدم القدرة على التعامل مع الآخرين، والإنقطاع عن العمل وكثرة الغياب.

الحماية وكيفية السيطرة على الضوضاء:

وتكون بالإصلاح المستمر للمكائن المتواجدة في المصانع، وتعديل العمليات للسيطرة على الضوضاء، وإصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها، وإبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج، وإستعمال سدادات الأذن في المناطق التي يكثر فيها الضجيج.

التلوث الغذائي والدوائي Food and Drug pollution

وهو تلوث الغذاء الذي يستهلكه الإنسان بأحد المصادر الآتية:

١) الكائنات الحية مثل البكتيريا والفطريات وبيوض الديدان، عن طريق الهواء أو الحشرات والقوارض الناقلة.
٢) تفاعل الغذاء مع الأواني المستعملة في الطبخ أو التي تحفظ فيها مما يؤدي إلى إرتفاع نسبة المعادن عن الحد المقرر المسموح به أو قد تكون سامة للإنسان.
٣) إضافة المواد الملونة والمنكهة وخاصةً ذات التركيب الكيمياوي الذي يُعتقد أن له علاقة بالأمراض السرطانية.
٤) المواد الحافظة مثل مركبات النتروجين السامة.

أما **التلوث الدوائي** فهو ناتج عن الإستخدام المفرط وغير المدروس للمواد المسكرة والمهلوسة، والمضادات الحيوية Antibiotics، والتداخلات الدوائية ذات التأثيرات الجانبية السلبية من جراء إستعمال الدواء.